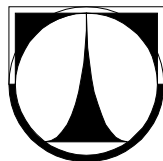


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Liberec 2007

Petr Pavlásek

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 2612R011 – Elektronické informační a
řídící systémy

Tester logických TTL obvodů

TTL circuit tester

Bakalářská práce

Autor:

Petr Pavlásek

Vedoucí práce:

Ing. Zbyněk Mader

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Katedra elektroniky a zpracování signálů

Akademický rok: 2006/2007

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: **Petr Pavlásek**

studijní program: B 2612 – Elektrotechnika a informatika

obor: 2612R011 - Elektronické informační a řídicí systémy

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona o vysokých školách č.111/1998 Sb. určuje tuto bakalářskou práci:

Název tématu: **Tester logických TTL obvodů**

Zásady pro vypracování:

1. Vyberte pro tester vhodný osmibitový jednočipový mikroprocesor a prostudujte jeho architekturu a instrukční soubor.
2. Navrhněte tester logických obvodů řady TTL 7400. Tester se bude skládat z mikroprocesoru, ovládacích tlačítek a displeje. Celý tester bude navržen na desce s plošnými spoji.
3. Tester má být schopen prověřit funkčnost jak kombinačních, tak sekvenčních vybraných logických obvodů.

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom(a) toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce.

Datum

Podpis

Anotace

Cílem bakalářské práce je navrhnout a realizovat zařízení, testující vybrané sekvenční a kombinační číslicové integrované obvody řady TTL.

Práce se skládá z výběru vhodného mikroprocesoru, návrhu zapojení, vytvoření programu obsluhující mikroprocesor a jeho periferií včetně algoritmů pro rozpoznání vadných obvodů. Součástí je i realizace zařízení.

Po testeru je vyžadována jednoduchá intuitivní obsluha a odolnost proti poškození nesprávným použitím. Je vyřešena možnost pozdějšího vylepšení nebo rozšíření schopností přeprogramováním mikroprocesoru přímo v zařízení z běžného PC prostřednictvím aplikace Flip.

Abstract

The aim of the thesis is to design and realize device testing selected subsequent and combinational TTL chips.

It is necessary to choose proper microcontroller, make a draft, develop program controlling the microcontroller and its peripherals, including deficient chips algorithm. One part of the project is realization of device.

Using the tester should be simple, intuitive and misapplication proof.

It is possible to improve the program using upgrade function direct in the device via common PC running Flip application.

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Ing. Zbyňku Maderovi za cenné připomínky a pomoc při tvorbě této práce.

Obsah

Anotace	4
Obsah	6
1. Úvod	7
2. Historie mikroprocesorů.....	8
2.1. Elektronky	8
2.2. Tranzistory	10
2.3. Integrované obvody	12
3. Technologie výroby logických obvodů	13
3.1. Bipolární technologie.....	13
3.2. Unipolární technologie.....	13
3.3. Napájení a spotřeba logických obvodů	14
4. Mikroprocesor	15
4.1. Výběr mikroprocesoru	15
4.2. Technické specifikace procesoru AT89C51ED2.	16
4.3. Programovací jazyk	17
4.4. Nahrání programu z PC do mikroprocesoru.	18
5. Zapojení mikroprocesoru a periférií.....	23
5.1. Blokové schéma testeru	23
5.2. Ovládací prvky	23
5.3. Display	24
5.4. Testované obvody.....	26
5.5. Signalizace stavu testovaného obvodu	26
5.6. Schéma zapojení :	27
5.7. Popis funkce	28
5.8. Deska tištěných spojů	29
5.9. Napájení mikroprocesoru.....	31
5.10. Postup při testování IO.....	32
6. Závěr	33
Přílohy :.....	35

Úvod

Velice často je příčinou mnoha problémů při konstrukci zařízení poškozená nebo nefunkční součástka. V případě základních prvků jako kondenzátor, cívka nebo rezistor není tak složité vadu objevit. Při chybné funkci integrovaného obvodu je ale nalezení závady složité a pracné. Tuto pracnost můžeme snížit použitím testeru TTL obvodů. Realizované zařízení je malé a jednoduché na obsluhu. Malá spotřeba umožňuje případný provoz na baterii a tím i velkou mobilitu. Je vyřešena možnost upgrade software mikroprocesoru pro testování dalších číslicových integrovaných obvodů.

1. Historie mikroprocesorů

1.1. Elektronky

Na jev, který při své činnosti elektronky využívají, přišel zcela náhodou Thomas Alva Edison při pokusech se svými žárovkami. Edison se snažil vypátrat příčiny krátké životnosti jeho žárovek a černání baněk, přičemž do pokusné žárovky zatavil nad vlákno ještě jednu pomocnou kovovou destičku. Na vlákno připojil tehdy obvyklé ss napětí 100V a mezi vlákno a pomocnou destičku zapojil citlivý galvanometr (mikroampermetr).

Zjistil, že pokud je na pomocnou destičku připojen záporný potenciál zdroje, galvanometr neukazoval žádný proud. Jakmile byl ale na destičku připojen kladný pól, procházel z vlákna na pomocnou destičku a tím také praktickým vzducho-prázdnem baňky jistý proud. Sám Edison si tento jev nedovedl vysvětlit a objasnil jej až J. Thomson, který na tomto principu později zkonstruoval první použitelný usměrňovač. Takto vytvořený systém byla elektronka o dvou elektrodách, tzv. dioda. V Anglii navrhl profesor J.A. Fleming, inspirován Edisonem a Thomsonem, diodovou elektronku k detekci vf signálů, která jako detektor fungovala výborně a tak Flemingovy diody byly od r. 1905 vyráběny sériově společností Edison-Swan Electric Co. V roce 1907 dělal pokusy s ilegálními kopiemi Flemingových diod (za což si vysloužil od Fleminga žalobu) Američan Lee de Forest, který do baňky vložil mezi žhavicí vlákno a anodu ještě další elektrodu v podobě drátěné sítě a zjistil, že přikládáním napětí různé polarity a velikosti mezi drátěnou mřížku a vlákno lze v poměrně širokých mezích ovlivňovat proud, tekoucí od vlákna k anodě. Zjistil také, že malé změny napětí mezi mřížkou a vláknem vyvolávají velké změny proudu mezi vláknem a anodou. Ani de Forest nedokázal tento jev uspokojivě vysvětlit, ale zcela správně vyvodil, že takto uspořádaný systém elektrod vlastně může zesilovat. Tak byla na světě první trioda - elektronka o třech elektrodách. Sám Lee de Forest ani netušil, že jde o nejzásadnější objev v historii radiotechniky. De Forestovy triody byly ale bohužel velmi

nespolehlivé a nestabilní, protože v době jejich vzniku ještě nebylo možno vyčerpávat baňky na tak vysoký stupeň vakua, jak to ke své činnosti elektronky potřebují. Nevědělo se také nic o odplynování použitých materiálů, emisních schopnostech vzácných zemin atd. V roce 1912 Američan rakouského původu F. Lowenstein (jeden z asistentů Nikoly Tesly) zdokonalil triodu natolik, že již byla schopna zesilovat nf signály, případně i vytvořit stabilní oscilátor. Přitom zjistil, že pro správnou činnost a nezkreslený zvuk musí mít mřížka proti katodě záporné předpětí. Lowenstein si nechal tato zapojení patentovat a v roce 1918 od něj tyto patenty odkoupila americká společnost General Electric a dále triodu zdokonalovala. Začátkem r.1912 usilovně hledala telefonní společnost American Telephone & Telegraph účinný zesilovač, vhodný pro nasazení na telefonních linkách. H. Arnold, mladý fyzik pracující u společnosti Western Electric, získal příležitost k výzkumu ještě poměrně nedokonalých triod. Arnold byl obeznámen s vakuovou technikou a elektronovou emisí a na rozdíl od de Foresta ihned rozpoznal možnosti triod a přišel na to, jak elektronku vylepšit. Původní kovovou katodu nahradil kyslíčnickovou, zlepšil vakuum i mechanickou stabilitu systému a už uprostřed prosince měl k dispozici triodu, která byla schopna provozu s anodovým napětím až 200V a mnohonásobným zesílením. O deset měsíců později už mohla společnost AT&T vybavit telefonní linky Washington - New York účinnými elektronkovými zesilovači a odkoupit od de Foresta, nacházejícího se ve finanční tísní všechna autorská práva a patenty zapojení zesilovačů s triodami. V zimě 1913 dělal pokusy s triodami mladý Američan E.H. Armstrong, který objevil a nechal patentovat vf zpětnou vazbu, se kterou bylo možné konstruovat přijímače s daleko vyšší citlivostí. První společností, které poskytl Armstrong práva na využití tohoto patentu, byla 6.10.1914 firma Telefunken, která na podobném zapojení již usilovně pracovala a Armstrongův patent jí pomohl značně urychlit vývoj a sériovou výrobu citlivých přijímačů.

V dnešní době se elektronky téměř nepoužívají, výjimkou bývají kvalitní audiozesilovače a obrazovky televizorů, osciloskopů nebo CRT monitorů.

Jejich obrovská nevýhoda je vysoké napájecí napětí, velká spotřeba proudu, velikost, křehkost a nízká spolehlivost. [1]

1.2. Tranzistory

Rostoucími nároky na elektronická zařízení rostla i jejich složitost, rozměry, váha a samozřejmě i cena. Osmnáctitisícielektronkový počítač zaujímal prostor několika místností, cena elektronického vybavení bombardovacího letadla činila několiknásobek ceny samotného letadla. Se složitostí rostla i poruchovost a náročnost na obsluhu. Snaha zvýšit spolehlivost vedla ke zdvojování důležitých částí zařízení, takže ta byla ještě těžkopádnější. Bylo zřejmé, že pro další vývoj dosavadní prostředky nestačí a že bude nutno využít nových, kvalitativně odlišných materiálů a jejich vlastností.

Na základě určitých předválečných zkušeností s polovodiči, padla volba právě na ně. A tak byl v lednu 1946 v Bellových telefonních laboratořích v USA založen tým ve složení William Shockley, John Bardeen a Walter Brattain. V lednu 1946 udělali první zásadní rozhodnutí - svoji pozornost zaměřili na krystaly křemíku a germania a zcela ignorovali ostatní materiály používané v předchozích výzkumech. Ke konci roku 1947 se snažili modifikovat vlastnosti povrchové vrstvy germania elektrolyty obklopujícími kovové kontakty. Později nahradili elektrolyty napařeným zlatým bodem, vytvářejícím bodový kontakt. Brattain nakonec umístil kontakty na dva proužky zlaté fólie uložené těsně vedle sebe a zalisované do povrchu germania. Při zapojení do elektrického obvodu zjistil přírůstek energie. Tranzistorový efekt byl objeven. To se stalo 16. prosince 1947, po dvou a půl letech od založení týmu. Na Štědrý den byl nový vynález předveden vrcholovému managementu Bellových laboratoří (zapojení tvořilo oscilátor). Zveřejnění vynálezu bylo odloženo o 6 měsíců, až do června 1948 - jednak kvůli porozumění vynálezu a zejména k přípravě patentové pozice. Fyzikální základy vynálezu však stále ještě nebyly jasné. Ale transfer resistor už byl na světě!

První krok k objasnění fyzikálních základů tranzistoru učinil Shockley svou formulací teorie pozitivně-negativních ($p-n$) přechodů a role, kterou hrálo vysílání (emitování) pohyblivých nosičů nábojů na jedné straně a jejich přijímání (sbírání) na protilehlé straně. Svoji analýzu brilantně zakončil vynálezem přechodového (plošného) tranzistoru, který si představoval jako sendvičové uspořádání slabé destičky materiálu typu n mezi dvěma oblastmi typu p (nebo naopak). O měsíc později, v únoru 1948, udělal zásadní experiment John Shive. Přiložil dva fosforbronzové kontakty k protilehlým stranám germaniové destičky silné 0,1 mm. Chování tohoto tranzistoru se přesně shodovalo s Shockleyovou teorií. Shockley pokračoval v jiném týmu spolupracovníků dál a po řadě pokusů dopracoval svoji přechodovou teorii a dal tak tranzistorovému jevu solidní základ (tuto teorii publikoval v roce 1950 v díle *Electronis and Holes in Semiconductors*).

Materiály se používaly dva - germanium a křemík. Už od začátku se vědělo, že křemík má vhodnější vlastnosti. Je např. energeticky výhodnější, je méně závislý na změně teploty a proud v závěrném směru je menší. Zpočátku však výrobu křemíku požadované kvality ztěžoval náročný chemický a metalurgický proces. Např. tavicí teplota křemíku je 1415 °C ve srovnání s 937 °C germania. Teprve v roce 1953 se našel způsob výroby křemíku zaručující čistotu porovnatelnou s čistotou germania.

Hromadné výrobě tranzistorů už nic nestálo v cestě. V roce 1952 se tloušťku destičky báze podařilo snížit na 10 mikromilimetrů a tím se podařilo zvýšit mezní kmitočet tranzistoru na 10 Mhz, v roce 1954 byl vyroben první difusní germaniový mesa tranzistor s mezním kmitočtem 500 Mhz a o rok později i křemíkový. V roce 1956 dostává tým William Shockley, John Bardeen a Walter Brattain Nobelovu cenu. [2]

1.3. Integrované obvody

Další vývoj k miniaturizaci v této oblasti byl uspíšen ruským úspěchem s prvními družicemi Země typu Sputnik. Vznikl tzv. integrovaný obvod. První úspěch zaznamenal Jack Kilby koncem srpna 1958. Jeho integrovaný obvod byl tvořen miniaturními rezistory, kondenzátory, diodami a tranzistory na jediné křemíkové destičce. Vzájemné propojení bylo provedeno "klasicky" dráty. V lednu příštího roku se o totéž pokusil Robert Noyce. Ten však vytvořil spoje fotografickou cestou a leptáním hliníkové nebo zlaté fólie.

2. Technologie výroby logických obvodů

2.1. Bipolární technologie

Bipolární technologie používají jako základ bipolární tranzistory, tzn. tranzistory řízené proudem. Nejpoužívanější je TTL a podobné variace jako S-TTL, LS-TTL, ICL, I²L a I³L. Mezi nevýhody patří velká spotřeba a proto i značné zahřívání a cena. Výhodou je rychlost.

- **TTL (Transistor Transistor Logic)** - Tranzistor s vícenásobným emitorem, který umožňuje realizovat logické funkce.
- **DTL (Diod Transistor Logic)** – Velice odolné proti rušení, ale velká spotřeba. Nejpoužívanější v průmyslových aplikacích.
- **ECL (Emitter Cuppled Logic)** – Velký logický zisk a rychlost hradel.

2.2. Unipolární technologie

Základem obvodu řazených do této skupiny jsou tranzistory řízené polem. Výhodou je vysoký vstupní odpor (10^{10} až $10^{15} \Omega$) – uplatňuje se pouze kapacita tranzistoru. Prvek MOS lze vytvořit na ploše až 10× menší než bipolární tranzistor.

- **PMOS (Positive Metal Oxid Semiconductor)** - Pomalá, dnes nepoužívaná technologie.
- **NMOS (Negative Metal Oxid Semiconductor)** - Levnější a efektivnější technologie než TTL, rychlejší než PMOS.
- **CMOS (Complementary Metal Oxid Semiconductor)** - Obvody mají malou spotřebu jsou používány pro výrobu většiny integrovaných obvodů.
- **BiCMOS (Bipolar Positive Metal Oxid Semiconductor)** - technologie využívající bipolární i unipolární technologie. Nejčastěji používaná při výrobě mikroprocesorů.

2.3. Napájení a spotřeba logických obvodů

Napájení TTL obvodů řady 74×× musí být stabilizované v rozmezí 4,75 až 5,25V. U řady 54×× je správná funkčnost deklarována při 4,5 až 5,5 V. CMOS verze mají velkou výhodu v napájení. Pro jejich funkci postačí napájení o velikosti 2V a pracují spolehlivě až do 6V. Jejich příkon je nesrovnatelně menší než u technologie TTL.

Typ obvodu	Příkon (mW)	Zpoždění (ns)
74L	1	30
74	10	10
74LS	20	3
74HCT	0,5	6
74HC	0,1	6
74ALS	1	4
74H	25	4
74S	20	3
74F	5	3
74AS	10	1

Tab. 1 Srovnání rychlosti a spotřeby jednotlivých technologií

3. Mikroprocesor

3.1. Výběr mikroprocesoru

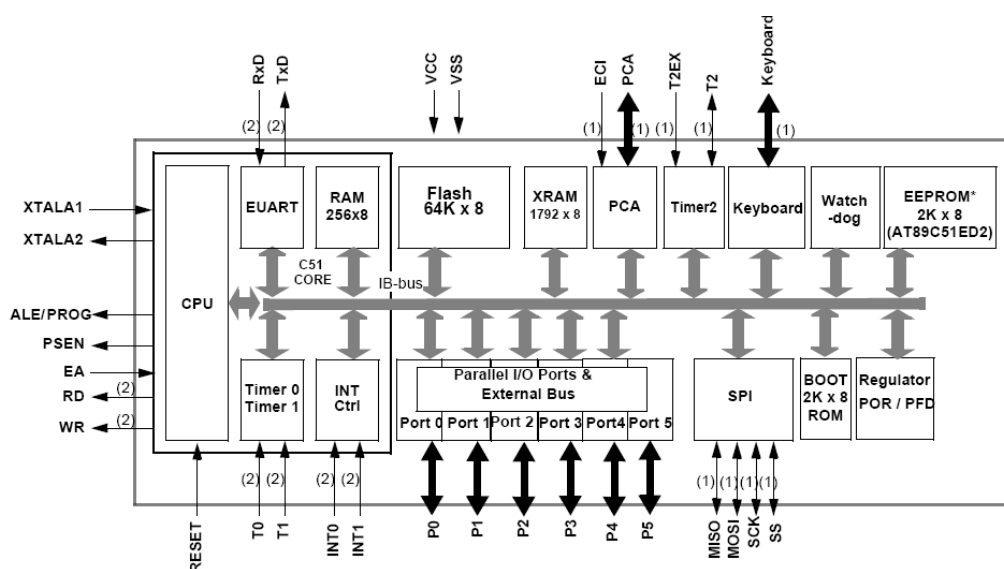
Mikroprocesor je mozkiem celého zařízení a zvolení správného typu je velice důležité. Pro toto zařízení jsem si položil několik požadavků, které musí splňovat, tj.

- dostatečně velká paměť pro program
- postačující množství vstupně/výstupních portů
- možnost programování některým z vyšších programovacích jazyků, např. jazykem C
- programování procesoru přes sériovou linku bez nutnosti vyjmout mikroprocesor ze zařízení
- dobrá dostupnost na území ČR
- přijatelná cena
- rozšířenost

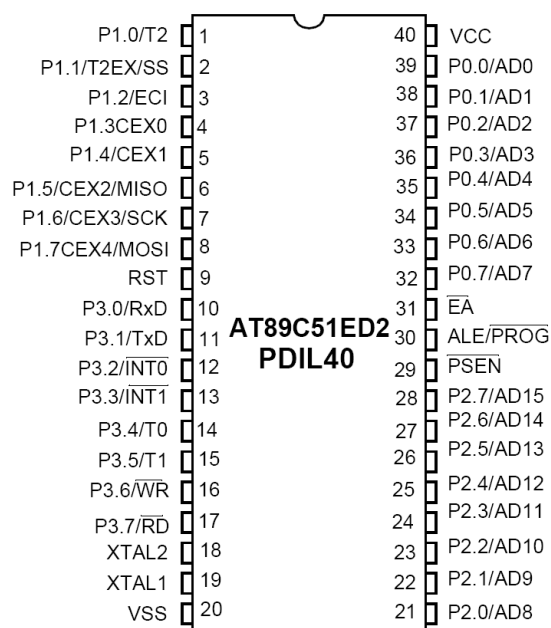
Jedním z nejvýznamnějších výrobců mikroprocesorů je společnost ATMEL, vyrábějící velice úspěšné procesory s jádrem 8051. Do této skupiny patří poměrně mnoho výrobků, vzájemně se lišících množstvím paměti, stylem programování, počtem v/v portů, pouzdem, integrovanými funkcemi, rychlostí atd.. Mezi ty, které pro mě byly nevyhovující vzhledem k množství v/v portům byly především *AT89C1051*, *AT89C2051* a *AT89C4051*, které mají pouze 2 v/v porty. Procesory *AT89C51* a *AT89C52* mají 4 porty, ale nedostačující velikost paměti. Typ *AT89C51ED2* má dostatečné množství paměti i portů a je ho možné programovat po sériové lince. To jsou hlavní požadavky které potřebuji a proto jsem ho zvolil.

3.2. Technické specifikace procesoru AT89C51ED2.

Maximální hodinový kmitočet je 40MHz, 64KB paměť typu flash pro program (ROM), 256b RAM, 4 vstupně/výstupní porty (v jiném pouzdře i 6), 3 čítače/časovače, integrovaný watchdog, 7 úrovní přerušení a jednu linku schopnou komunikovat po rozhraní RS-232. Instrukční soubor i jádro je shodné s architekturou x51, která je stále i v dnešní době velice často používaná.



Obr. 1 Vnitřní struktura mikroprocesoru AT89C51ED2 [5]



Obr. 2 Zapojení jednotlivých pinů v patici DIL40[5]

3.3. Programovací jazyk

Do skupiny nejpoužívanějších programovacích jazyků pro mikroprocesory se řadí jazyk C. Bylo by možné použít i jazyk symbolických adres (ASSEMBLER). Pro moji práci jsem ale zvolil jazyk C a to z následujících důvodů :

- Rychlejší vývoj aplikací díky použití existujících knihoven.
- Přehlednost zdrojových kódů.
- **Jednodušší pochopení funkce programu.**
- Zavedený programovací jazyk, podporovaný výrobcí mikroprocesorů i kompilátorů.

Jazyk C má ale také několik nevýhod, mezi ty hlavní patří :

- Vyšší cena vývojového software.
- Vyšší nároky na paměť mikroprocesoru.

Vysoká cena vývojového software jde eliminovat použitím méně kvalitních kompilátorů, které často bývají zdarma.

Nároky na paměť jsou i několikrát vyšší než při vývoji programu v jazyce symbolických adres. Řešením je použití vhodného mikroprocesoru.

Pro překlad do intel hex formátu je nutné použít překladač. Na trhu existuje poměrně dost překladačů různých kvalit a cen. Já jsem si vybral překladač SDCC (Small Device C Compiler). Velkou výhodou je cena programu, který se řadí do skupiny programů freeware, je tudíž zdarma k dispozici například na stránkách <http://sdcc.sourceforge.net/>.

Programování mikroprocesorů v jazyce C se od běžného C pro osobní počítače moc neliší, základní příkazy jsou shodné, přibýly jenom speciální funkce, jako třeba práce s přerušením.

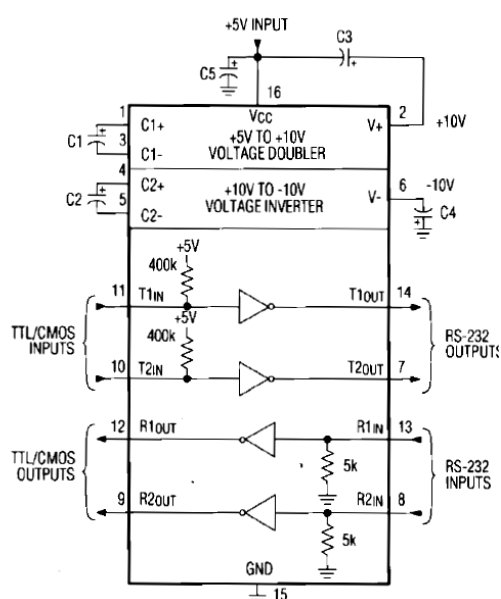
3.4. Nahrání programu z PC do mikroprocesoru.

Procesor AT89c51ED2 má v paměti ROM zabudovaný bootloader, komunikující protokolem RS232 na TTL napěťové úrovni. Sériový výstup z PC má ale odlišné úrovně.

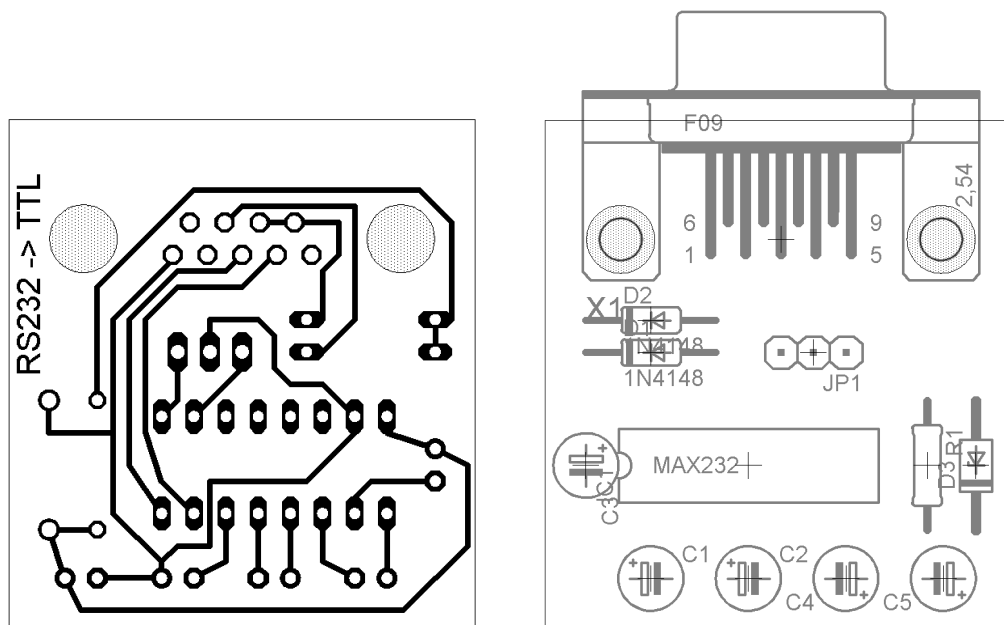
	RS232	TTL
Log 1	-12V	5V
Log 0	+12V	0V

Tab. 2 Srovnání úrovní RS232 a TTL

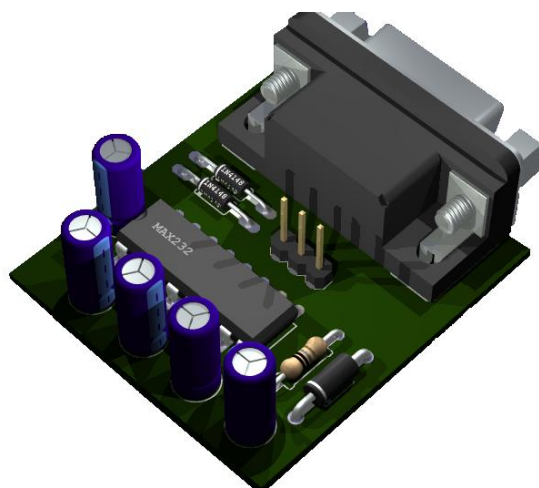
Pro převod těchto různých napěťových úrovní je nejjednodušší použít obvod firmy MAXIM MAX232 v jeho doporučeném zapojení [3] :



Obr. 3 Doporučené zapojení obvodu MAX232



Obr. 4 a 5 Tištěný spoj převodníku a jeho osazení, rozměr desky 35×40 mm



Obr. 6 Převodník RS232 na TTL

Pro správnou funkci je nutné připojit 5 kondenzátorů o velikosti 1uF.

AT89C51ED2 umožňuje programovat přes rozhraní UART. Procesor se propojí přes převodník s PC. Z běžného terminálu se můžou po aktivaci bootloaderu posílat data v hexa formátu, včetně počátečního znaku : a koncového CR a LF. Po každém odvysílání řádku mikroprocesor pošle informaci o zdárném nebo chybném zapsání do paměti.

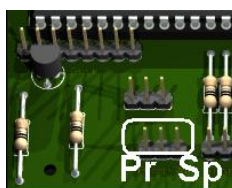
Aktivace bootloaderu

Bootloader lze aktivovat dvěma způsoby, a to softwarově a hardwarově. Při hardwarové aktivaci musí být v době spádové hrany signálu *RESET* splněny tyto podmínky :

Signál	Logická hodnota
<i>PSEN</i>	0
EA	1
ALE	1 nebo nezapojen

Tab. 3 Podmínky aktivace bootloaderu

V testeru se režim programování nastaví propojkou (viz obrázek).



Obr. 7 Propojka nastavující režim programování nebo spouštění programu

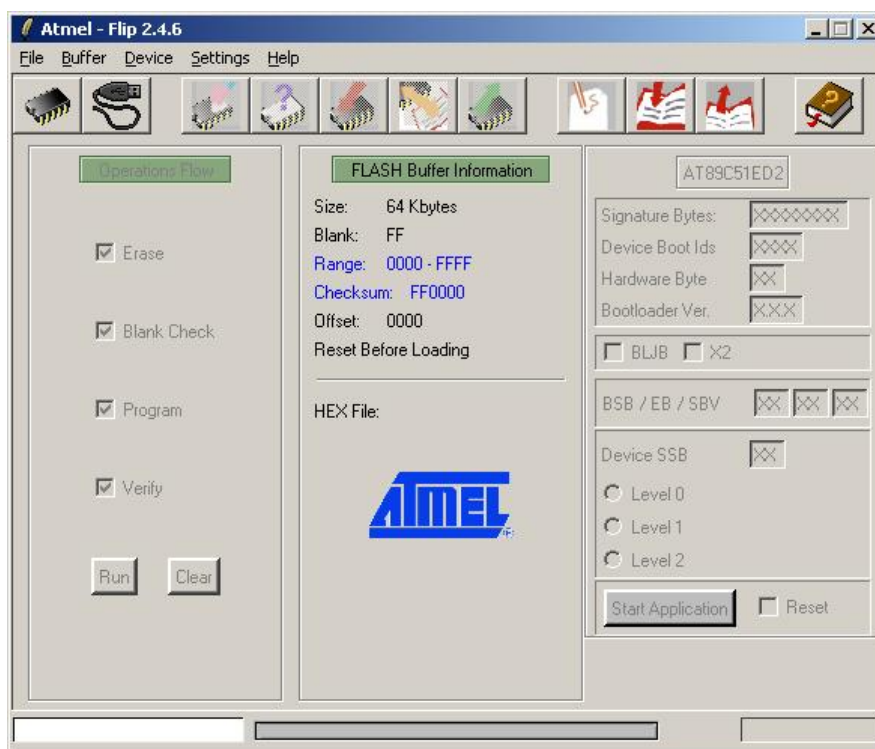
Druhou možností je aktivace bootloaderu softwarově. Bit *BLJB* v registru *HSB* (Hardware Security Byte) musí být nulový a *BSB* (Boot Status Byte) naopak nenulový.

Při aktivaci bootloaderu se program nezačne vykonávat od adresy 0000h jako při běžném startu aplikace, ale od adresy FC00h, kde je umístěn bootloader.

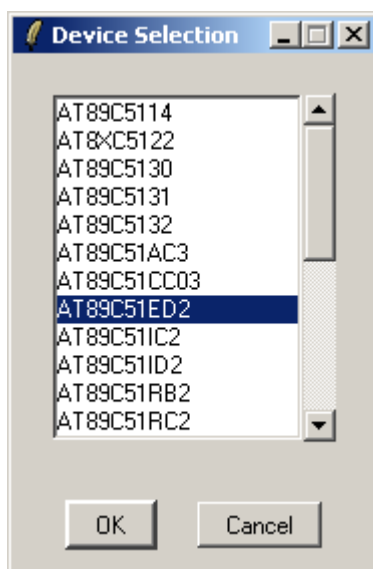
Po naprogramování procesoru se musí softwarově aktivovaný bootloader deaktivovat, aby se po resetu začal vykonávat náš program. Deaktivace se provádí vynulováním bytu *BSB*. K tomu je určen příkaz, který se bootloaderu zasílá po sériové lince (ve formátu Intel HEX), a také funkce *PROGRAM BOOT STATUS BYTE* z *API* bootloaderu (tyto funkce jsou určeny pro volání z kódu běžícího v mikroprocesoru). V případě

hardwarového vyvolání bootladeru stačí vrátit propojku do původní polohy a resetovat mikroprocesor.



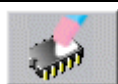







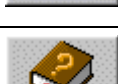
Výrobce mikroprocesoru volně poskytuje program Flip, sloužící pro programování mnoha typů procesorů ATMEL v operačních systémech windows i linux, včetně AT89C51ED2. Program je možné stáhnout z adresy www.atmel.com.



Obr. 8 Hlavní okno aplikace Flip



Obr. 9 Okno výběru mikroprocesoru

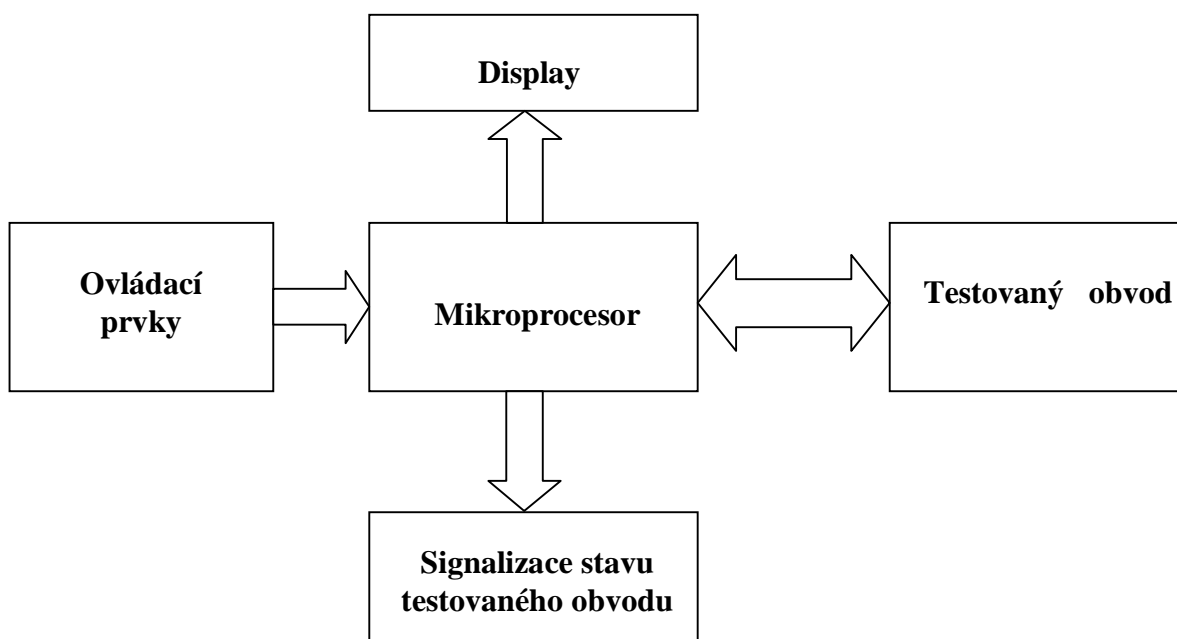
Tlačítko	Funkce
	Výběr mikroprocesoru
	Nastavení komunikace mezi mikroprocesorem a PC
	Vymazání paměti
	Kontrola vymazání paměti
	Zápis programu do paměti
	Porovnání zapsaného programu v paměti mikroprocesoru s požadovaným
	Načtení programu do bufferu
	Čtení a úprava programu v bufferu
	Načtení programu ze souboru do bufferu
	Uložení programu z bufferu do HEX souboru
	Nápověda

Tab. 4 Význam tlačítek v aplikaci Flip

Nejprve je nutné zvolit typ mikroprocesoru, v našem případě AT89C51ED2, poté načíst HEX soubor, nastavit komunikaci na příslušný COM port PC, přenosovou rychlost nastavit na 11520 baudů/s (pracuje i při 9600, nahrání programu ale trvá déle) a připojit se stisknutím connect. Několikrát se mi stalo, že jsem nejdříve načel program a až poté zvolil typ mikroprocesoru, program Flip pak přepíše bootloader a je nutné procesor vyjmout z testeru a naprogramovat v paralelním programátoru.

4. Zapojení mikroprocesoru a periférií

4.1. Blokové schéma testeru



Obr. 10 Blokové schéma zapojení

4.2. Ovládací prvky

V testeru je možné testovat několik typů logických obvodů. Pro volbu vybraného obvodu slouží menu. Pohyb v menu je vyřešen pomocí dvou tlačítek. Horní slouží k pohybu v menu směrem doprava a dolní tlačítko pro pohyb doleva. V menu jsou obvody v následujícím pořadí :

7400, 7404, 7410, 7420, 7430, 7472, 7474, 7483, 7486, 7493, 74112, 74151, 74157, 74174, 74175, 74193.

Tester pracuje ve dvou režimech, a to:

- Režim vkládání logických obvodů

Režim se aktivuje nastavením přepínače do leva, do polohy Ins.

V tomto režimu je všech 16 pinů patice nastaveno na úroveň 0V a slouží pro vkládání a vyjímání testovaných obvodů z testeru.

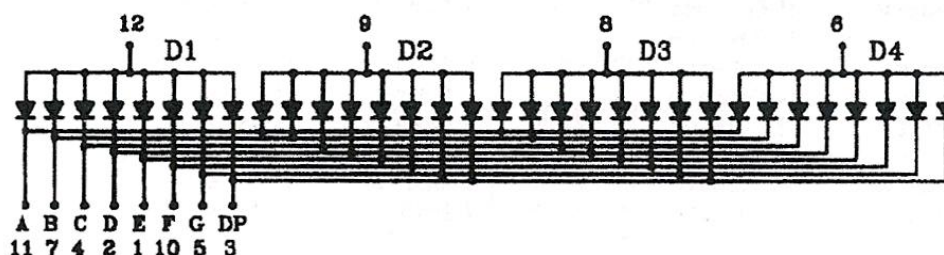
- Režim testování logických obvodů

Aktivace se provede nastavením přepínače doprava do polohy Run.

Po zvolení režimu mikroprocesor začne testovat vybraný obvod podle naprogramovaných algoritmů a zobrazí výsledek na LED diodě.

4.3. Display

Pro zobrazení zvoleného typu testovaného logického obvodu slouží LED display typu HD-M514RD. Tento display je již připraven na režim multiplexu a má společnou anodu, tzn. že segmenty se spínají úrovní 0V. Barva segmentů je červená o vlnové délce 635nm.

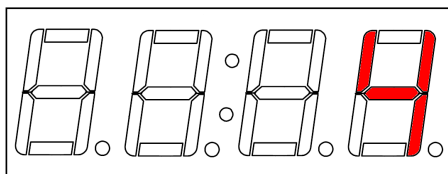


Obr. 11 Zapojení displaye HD-M514RD

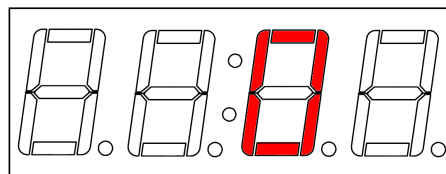
Display je řízen v multiplexorovém režimu. V jednom okamžiku svítí pouze segmenty na jedné segmentovce. Lidské oko si pamatuje obraz na sítnici po dobu 30 – 100 ms, pokud bude frekvence přepínání vyšší než $1/0.03\text{ms}$, tedy zhruba 30Hz, nebude oko vnímat přepínání a bude vidět čísla na všech sedmisedmístných současně. V mém případě je frekvence 100Hz, prodleva je tedy 10ms (v případě změny krystalu na jinou hodnotu se samozřejmě obnovovací frekvence také změní). Tento styl řízení se používá z důvodu úspory řídicích signálů. V případě, že každý segment by se ovládal jedním vodičem, bylo by nutné pro ovládání 4 číslic použít 28 datových vodičů (7 segmentů na každé číslici * 4 číslice = 28). Při ovládání v režimu multiplexu postačí vodičů pouze 11 (7 pro segmenty jedné číslice a 4 pro řízení spínání jednotlivých číslic). K rychlému přepínání tranzistorů je používán vnitřní časovač. Výstupní proud mikroprocesoru je omezený a jeho velikost nestačí na rozsvícení displaye. Z tohoto důvodu jsou u displaye zapojeny čtyři tranzistory typu PNP, kterými se spínají jednotlivé segmenty. Pracovní body jednotlivých tranzistorů jsou nastaveny rezistory R10 až R16.

Příklad zobrazení čísla 7404 :

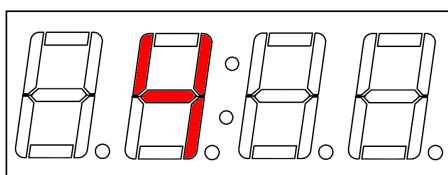
0ms:



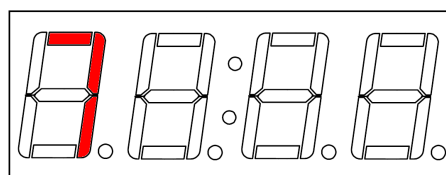
Obr. 12 Display při 10 ms



Obr. 13 Display při 20 ms

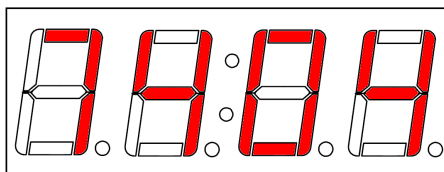


Obr. 14 Display při 30 ms



Obr. 15 Display při 20 ms

Lidské oko tyto jednotlivé obrazy nevidí, vidí pouze celkový obraz :



Obr. 16 Výsledný obraz

4.4. Testované obvody

TYP OBVODU	POČET VÝVODŮ	FUNKCE
7400	14	4x dvojevstupé NAND
7404	14	6x investor
7410	14	3x třívstupé NAND
7420	14	2x čtyřvstupé NAND
7430	14	osmivstupé NAND
7472	14	2x klopný obvod JK
7474	14	2x klopný obvod D
7483	16	4bitová sčítačka
7486	14	4x dvojevstupé EX-OR
7493	14	4bitový binární čítač
74112	16	2x klopný obvod JK
74151	16	8bitový multiplexor
74157	16	4xdvojbitový multiplexor
74174	16	6tbitový D registr
74175	16	4tbitový D registr
74193	16	4bitový čítač nahoru/dolů

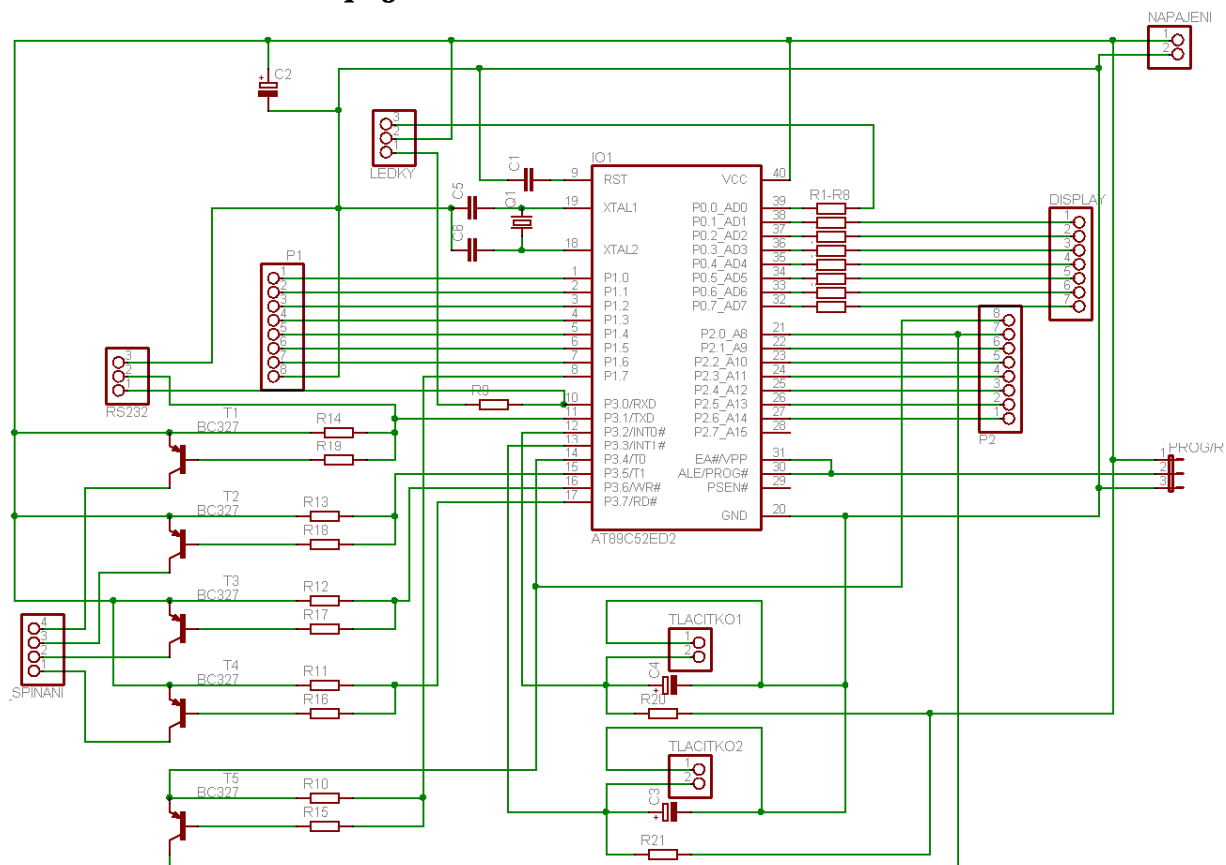
Tab. 5 Přehled testovaných obvodů

4.5. Signalizace stavu testovaného obvodu

Funkčnost testovaného obvodu signalizuje dvoubarevná LED dioda, zobrazující 3 stavy :

- Dioda nesvítí - tester nastaven na režim vkládání obvodů
- Dioda svítí červeně - chybná funkce obvodu
- Dioda svítí zeleně - správná funkce obvodu

4.6. Schéma zapojení :



Obr. 17 Schéma zapojení

Použité součástky

R1, R9	1K
R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8	180R
R10, R11, R12, R13, R14	10K
R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21	6K8
IC1	AT89C51ED2
C1, C5, C6	33pF
C2	elektrolytický 10uF/35V
C3, C4	elektrolytické 2,2uF/35V
T1, T2, T3, T4, T5	BC327, pouzdro T092
X1	krystal 18,432 Mhz

4.7. Popis funkce

Celé řízení testeru obstarává mikroprocesor AT89C51ED2. K jeho správné funkci je nutné k němu připojit několik externích prvků. Pro generování hodinového signálu je použit krystal zapojený na piny č. 18 a 19, označené jako XTAL1 a XTAL2 a přes kondenzátory C5 a C6 spojený se zemí. Pro zpožděný reset procesoru po zapnutí napájení je zapojen na RESET vstup (pin č.9) kondenzátor C1.

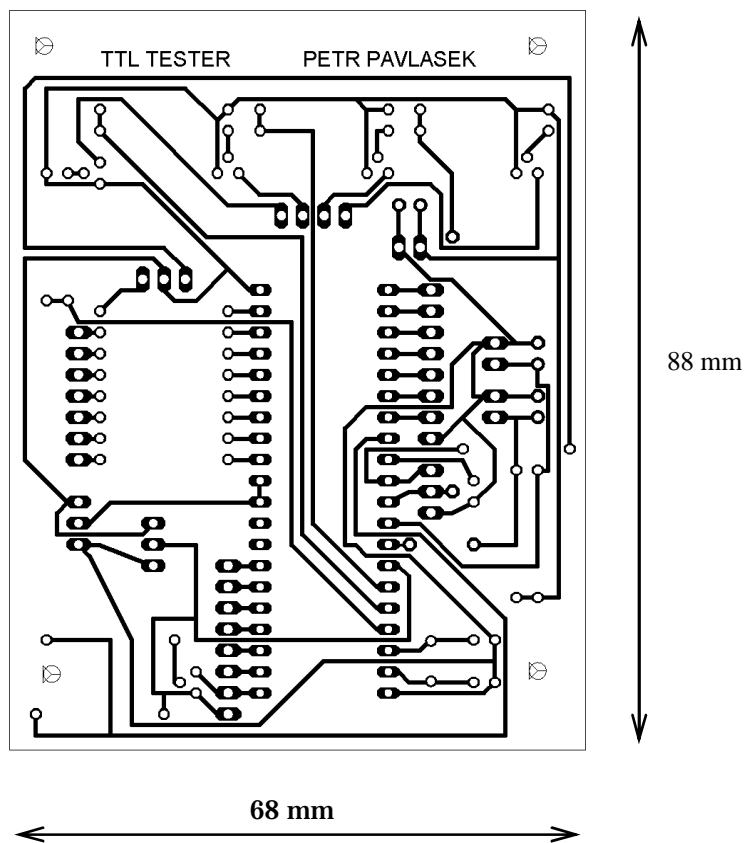
Tranzistory T1,T2,T3 a T4 spínají anody displeje, rezistory R1 až R19 slouží pro nastavení pracovního bodu. Prvky C3, C4, R20 a R21 eliminují zátky tlačítek, připojené na piny 12 a 13. Připojení testovaného obvodu je přes porty P1 a P2. Napájení logických obvodů je posíleno přes tranzistor T5. Informační dvoubarevná dioda má společnou anodu a je připojena k mikroprocesoru přes rezistory R1 a R9. Katody displeje jsou připojeny s portem P0, proud je zmenšen rezistory R2 až R8. Kondenzátor C2 vyrovnává proudové špičky a vyhlazuje napájecí napětí.

4.8. Deska tištěných spojů

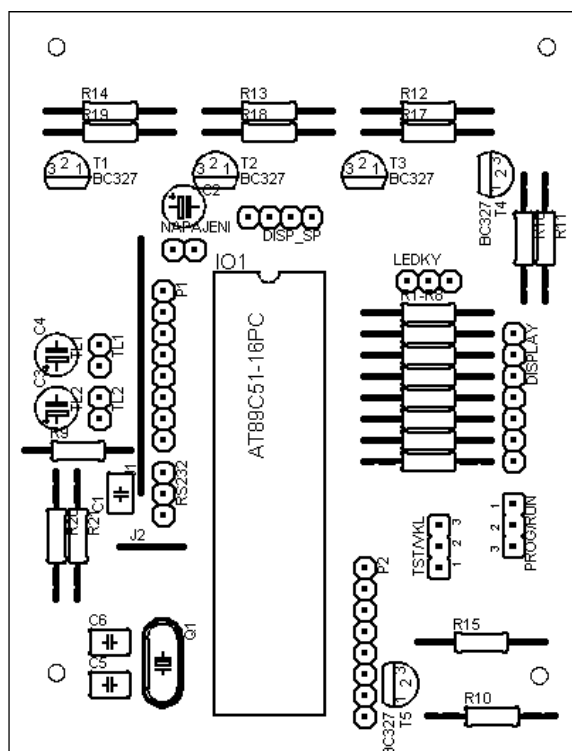
Celý přípravek je realizovaný na jedné desce tištěných spojů o velikosti 68x88 mm.

Vzhledem k poměrně malému počtu součástek jsem zvolil za nejvhodnější realizovat zařízení na jednostranném tištěném spoji. Součástky se bez problému vejdou do zvolené krabičky i v klasické vývodové montáži. Při sériové výrobě by bylo vhodnější volit ze SMD součástek pro SMT montáž, při výrobě několika kusů považuji za vhodnější právě součástky z klasickou montáží. Mikroprocesor je umístěn do patice DIL 40 pro snadnou výměnu, nahrazení jiným typem nebo třeba pro vyjmutí za účelem programování v paralelním programátoru (sériově lze programovat přímo v přípravku bez vyjímání mikroprocesoru). Veškeré výstupy na tlačítka, k displeji, k testovacímu obvodu, LED diodě, napájení i ke komunikaci jsou realizovány jednoduše oddělitelnými konektory, umožňující jednoduchou výměnu např. poškozeného tlačítka za jiné bez použití pájedla.

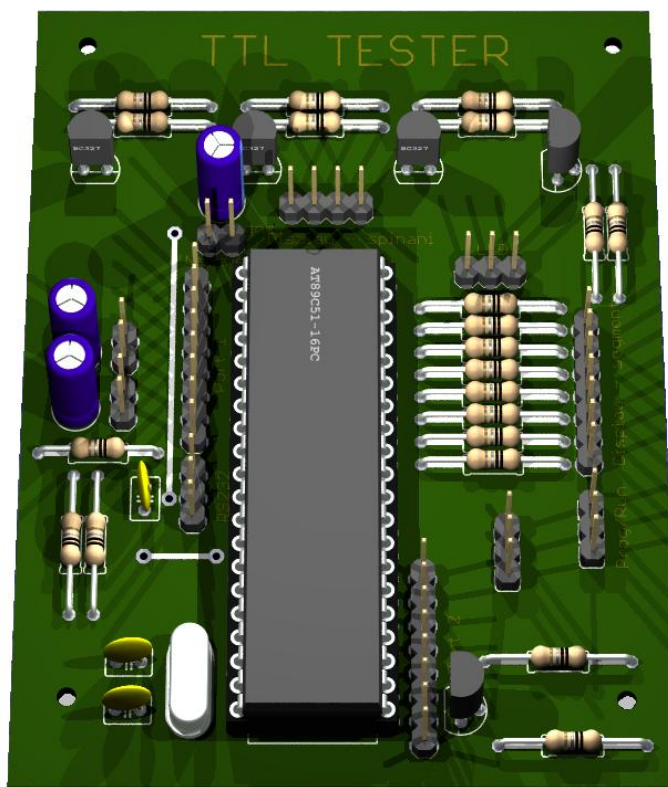
Samotná výroba desky tištěných spojů byla realizována fotocestou. Na desku, opatřenou fotopozitivní vrstvou, jsem umístil negativ obrazce plošných spojů vytištěný laserovou tiskárnou na průhlednou folii. Následovalo osvětlení UV zářením, vyvolání obrazce ve vývojce a vyleptání desky v roztoku chloridu železitého. Otvory pro vývody součástek mají průměr 1 mm. Deska je přichycena ke krabičce čtyřmi samořeznými šrouby 3x5 mm.



Obr. 18 Deska tištěných spojů



Obr. 19 Osazení součástek



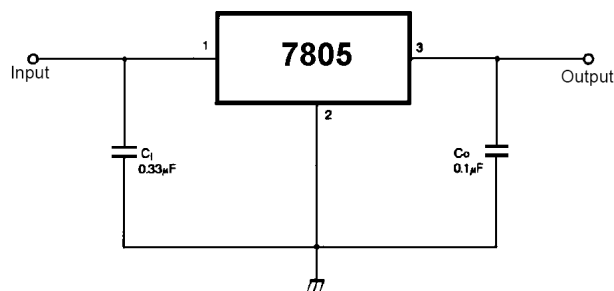
Obr. 20 Osazená deska tištěných spojů vygenerovaná programem Eagle3D

4.9. Napájení mikroprocesoru

Funkčnost procesoru AT89C51ED2 je garantována při stejnosměrném napájecím napětí v rozmezí 4,5 až 5,5 V. Z důvodu možné záměny polarity napájení uživatelem testeru jsem zavrhl možnost přímého napájení 5V. Při takové události by následovalo téměř jisté poškození nebo zničení řídicího mikroprocesoru. Je možné zapojit sériově do napájecí cesty ochrannou diodu. Vznikne na ní ale úbytek napětí a při napájení 5ti volty poklesne napětí na mikroprocesoru nebezpečně blízko kritické hranici 4,5V. Bylo by tedy nutné napájet tester napětím 6V. Takové napětí ale v laboratořích nebývá často pevně nastavené a je nutná přítomnost zdroje s proměnlivým výstupním napětím. Jako nejvhodnější řešení je tedy použití integrovaného stabilizátoru napětí.

Napěťových stabilizátorů je poměrně mnoho, základní dělení je na obvody s pevným výstupním napětím a s nastavitelným. Pevnou hodnotu napětí mají obvody 78xx a 79xx. Označení 78 znamená, že se stabilizátor používá

na kladné napětí, 79 potom na napětí záporné. Údaj xx je požadované výstupní napětí. V testeru je použit typ 7805, tzn. stabilizátor na +5V. Výstupní napětí se u tohoto typu pohybuje v rozmezí 4,8 až 5,2 V. Minimální velikost napájecího napětí je 7V a maximální 35V. Pro správnou činnost jsou potřeba 2 kondenzátory o velikosti 0,33 a 0,1 μF .



Obr. 21 Zapojení stabilizátoru 7805

	Min	Max	Jednotka
Napájecí napětí	7	35	V
Odběr proudu	100	150	mA

Tab. 6 Napájení TTL testeru

4.10. Postup při testování IO

- Zapojit přípravek do elektrické sítě na stejnosměrné napětí o velikosti 7 až 35V.
- Pomocí dvou tlačítek nastavit požadovaný typ TTL obvodu. Informace o typu se zobrazí na čtyřech sedmisegmentovkách.
- Přepínač musí být přepnut doleva do polohy „vkládání IO“.
- Nyní je možné vložit do patice testovaný integrovaný obvod.
- Po vložení obvodu přepnout přepínač doprava a dvoubarevná LED dioda bude signalizovat funkčnost obvodu.
- Vyjmutí integrovaného obvodu z patice opět předchází přepnutí přepínače doleva do polohy „vkládání IO“.

5. Závěr

Tester splňuje požadavky dle zadání bakalářské práce. Je schopen testovat veškeré digitální obvody s TTL logikou. Maximální počet pinů je 16 (14 datových a 2 napájecí). Při použití mikroprocesoru v pouzdře PLCC68 nebo VQFP64 (pouze SMD provedení) je možné rozšíření počtu testovaných obvodů až na 32pinů místo původních 16. Této záměně ale musí předcházet úprava desky tištěných spojů, výměna patice pro mikroprocesor i testované obvody a úprava programu v mikroprocesoru. Pokud obvod nemá napájení standardně na 8. a 16. pinu (u 14ti pinových pouzder na 7. a 14.) je nutné použít redukci, a je poté možné testovat i tyto obvody. Napájení je možno po menší úpravě provést i z devítivoltové baterie. Display je chráněn před poškozením a poškrábáním mírným zapuštěním. Použitá krabička je dostatečně pevná a poskytuje ochranu před nešetrnou manipulací a používáním.

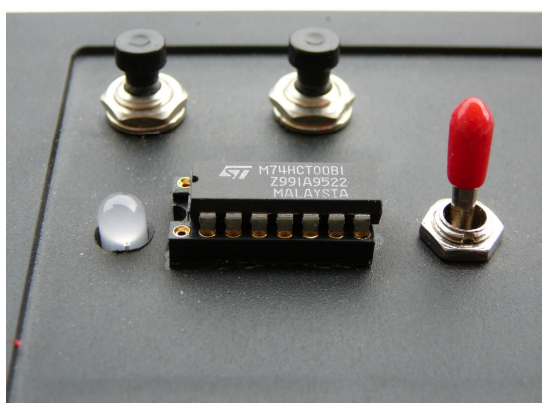
Součástí práce je i disk CD-ROM, na kterém se nachází zdrojové kódy programu pro mikroprocesor ve formátech C, ASM a Intel HEX, tištěný spoj testeru ve formátu Eagle a tato práce ve formátu PDF.

Použitá literatura :

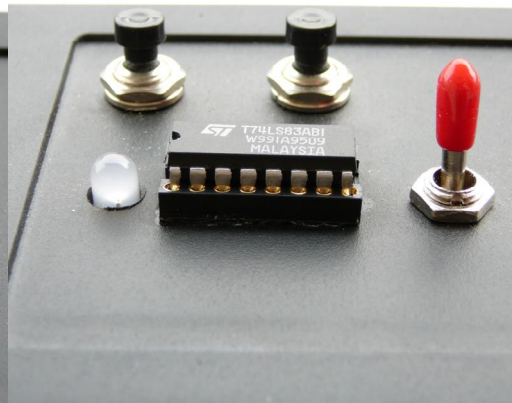
- [1] článek Elektronky II - princip funkce elektronek a historie, <http://www.zesilovace.com>
- [2] článek Tranzistor, <http://www.quido.cz>
- [3] katalogový list MAX232, Dallas Semiconductor, <http://www.maxim-ic.com>
- [4] Procesor T89C51RD2, ČVUT FEL, katedra měření, Návrh řídicí části přístrojů a modulů, <http://measure.feld.cvut.cz/>
- [5] Katalogový list AT89C51ED2, Atmel Corporation, <http://www.atmel.com>

Přílohy :

Popis testeru



Vložení IO v patici DIP14



DIP16